

山东省沂源-燕崖地区多金属矿成矿模式及成矿规律研究

齐永亮¹ 魏印涛¹ 邱恺毅¹ 刘杰¹ 赵增才¹

山东省物化探勘查院 山东省地质勘查工程技术研究中心

摘要: 沂源-燕崖地区及周围矿产勘查研究程度较高, 尤其沂源金星头-金家山地区, 其中金家山铅锌多金属矿规模相对较大, 与研究区内存在的多金属矿点、矿化点特征基本相似, 具有典型意义。本文根据项目勘查成果, 结合与典型矿床的对比分析, 对沂源-燕崖地区进行成矿预测分析, 研究区域成矿规律。燕山晚期中偏酸性或碱性的岩浆杂岩体是该区域中低温热液型多金属矿的成矿物质基础; 古生代灰岩是成矿最有利的围岩, 是矿体生成的外部条件; 接触带构造是矿质运移、矿质赋存的最有利空间; 三者必须有机地结合, 缺一不可。

关键词: 沂源-燕崖; 典型矿床; 成矿预测; 区域成矿规律

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.119

一、引言

研究区位于鲁中地区, 隶属淄博市沂源县管辖(图1)。1958年以来, 省内外多家地勘单位在该区域及周围开展了多种比例尺的区调、矿调、物化探、遥感、重砂及专项研究工作, 取得丰硕的勘查研究成果。2016年

至2018年, 省物化探院完成了沂源幅-燕崖幅1:5万矿调, 根据项目勘查成果和对以往资料分析研究, 对比区域内典型矿床金家山铅锌多金属矿, 建立沂源-燕崖地区区域成矿模式及预测模型, 系统研究总结区域成矿规律。

二、区域地质背景

研究区大地构造位于华北板块, 属于鲁西隆起区(II)-鲁中隆起(IIa), 跨越3个四级构造单元、5个五级构造单元, 地质条件较复杂(图1)。地层发育较全, 出露较好, 受区域构造控制, 多呈北西-南东向展布。侵入岩较发育, 时期以新太古代为主, 呈岩基、岩株、岩脉状产出, 岩性多为中酸性-酸性, 广泛分布于北部鲁山凸起和南麻、鲁村盆地的北侧及燕崖幅西南部地区。构造呈北西、东西、北东三个方向交叉的复杂格局, 早前寒武纪基底区变形作用较强, 主要由片理、片麻理、线理、条带、韧性变形带等构成总体构造线, 沉积盖层区断裂构造异常发育, 大体分为北东向、北西向、东西向、近南北向四组, 其中规模较大者具有多期活动特点。上五井断裂带自北北东-南南西斜穿整个研究区, 将中-新生界盆地分隔为南麻盆地和鲁村盆地。

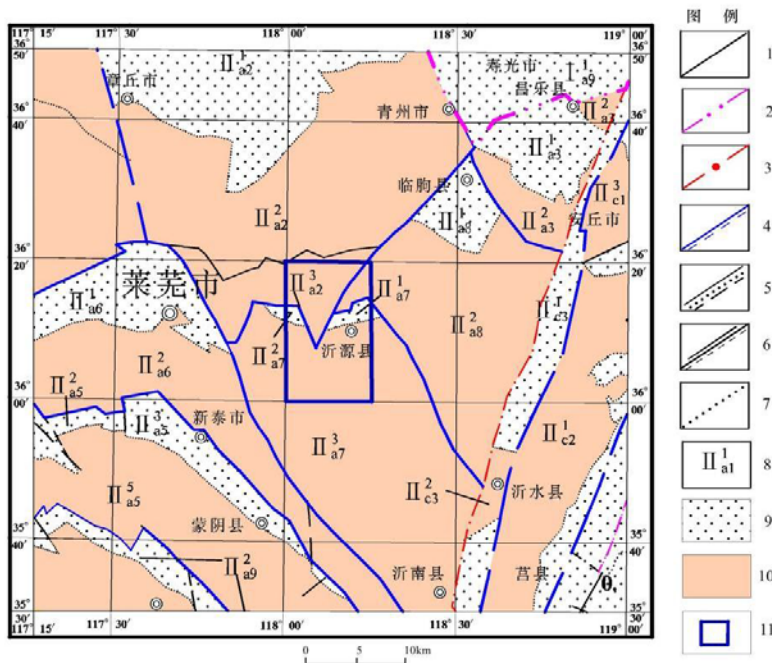


图1 研究区大地构造位置图

(1-一级单元界线; 2-二级单元界线; 3-三级单元界线; 4-四级单元界线; 5-五级单元界线; 6-断层及推断层; 7-不整合界线; 8-单元代号; 9-凹陷区; 10-隆起区; 11-工作区位置)

三、区域成矿模式

类比金家山式层控中低温热液型铅锌多金属矿, 建立了沂源-燕崖区域成矿模式(图2)。

研究区铅锌多金属矿床成矿热液及成矿物质来源于中生代白垩纪燕山晚期中-酸性岩浆。岩浆期后含矿热液沿陡倾的NNW或NNE向断裂运移, 当上升至朱砂洞组、

馒头组位置时，向断裂两侧扩散，与灰岩、白云岩中的CaCO₃、Ca Mg (CO₃)₂等成分反应，使热液平衡的物化条件遭到破坏，热液中Cu²⁺、Pb²⁺、Ag²⁺、Fe²⁺或金属络合物等形式的成矿物质，以黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿等形式沉淀并成矿，同时热液中的非金属元素Si、K等，以石英、绢云母、钾长石等形式沉淀，形成含矿脉状和层状矿体。矿体形成后，被随后的低温热液活动形成的重晶石、方解石细脉穿插。后期在地表次生条件下，原生硫化物发生氧化形成褐铁矿、孔雀石、铜蓝等铁、铜的氧化矿物，有些溶解在地表水中，向下渗透并在深部叠加到原生矿石中，形成次生富集，使矿体品位升高。

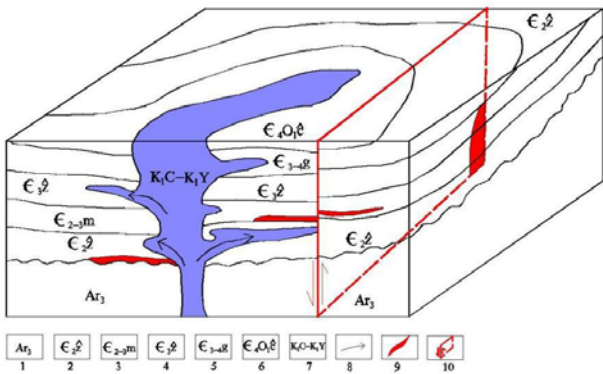


图2 沂源-燕崖区域成矿模式图

(1-新太古代花岗质片麻岩；2-朱砂洞组；3-馒头组；4-张夏组；5-崮山组；6-炒米店组；7-沂南-苍山；8-含矿热液运移方向；9-铅锌矿化蚀变带；10-断层面)

四、区域预测模型

类比金家山式铅锌多金属矿预测方法，建立沂源-燕崖区域预测模型(图3)，层控内生型。

主要为寒武系碳酸盐岩建造和燕山晚期侵入岩建造。碳酸盐岩建造主要为朱砂洞组白云岩、张夏组灰岩，侵入岩建造主要为石英闪长玢岩。铅锌矿体主要赋存在寒武纪长清群朱砂洞组丁家庄白云岩段内，并共生有金、银矿体。

磁异常特征：磁力高峰值340nT，背景场0nT。磁力高反映了石英闪长玢岩、角闪闪长玢岩、辉石闪长岩等磁性较强侵入岩。

地球化学异常特征：测区内铅锌异常重合较好，铅异常下限为30.5×10⁻⁶，锌异常下限为68×10⁻⁶。异常元素组合主要为铅、锌、银、铜、铋、锑、镉等。

自然重砂异常特征：以自然铅-铜-黄铁矿-金矿物组合为主的重砂矿物异常在区内中部吻合好，且与铅矿化的矿石矿物组合相对应；重砂异常与铅矿化的分布、断裂构造的方向基本一致。

五、找矿规律分析

(一) 成矿阶段

该类矿床基本可划分为4个成矿阶段。一是石英-黄铜矿-黄铁矿化成矿阶段：成矿早期以形成铜矿体为主，主要是形成黄铜矿、石英。二是方铅矿-银矿成矿阶段：主要形成浸染状方铅矿和以类质同相形式存在的

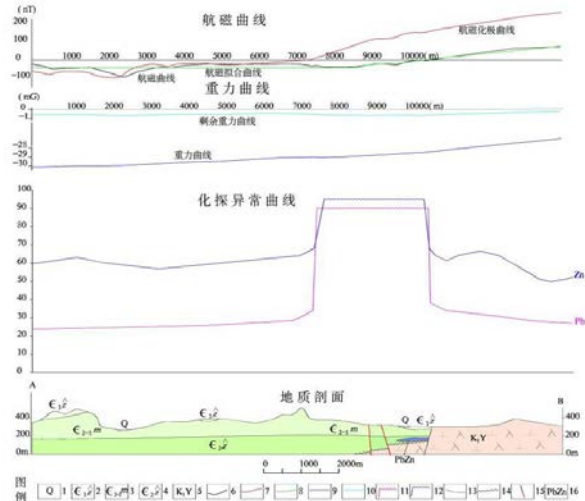


图3 沂源-燕崖区域预测模型图

(1-第四系；2-张夏组；3-馒头组；4-朱砂洞组；5-沂南序列侵入岩；6-航磁曲线；7-航磁化极曲线；8-航磁拟合曲线；9-重力曲线；10-剩余重力曲线；11-Pb异常曲线；12-Zn异常曲线；13地质界线；14-角度不整合界线；15-断层；16-铅锌矿体)

银矿化。三是重晶石、方解石阶段：重晶石、方解石、石英呈细脉、网脉状穿切矿体，该阶段基本无多金属矿化现象。四是氧化阶段：黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等原生硫化物矿物在地表或浅层氧化条件下被氧化，转化为褐铁矿、孔雀石、铜蓝等氧化矿物，并形成次生富集。

(二) 成矿有利位置

(1) 多期次浅成侵位的中酸性岩体的接触带及其构造薄弱带(不整合面、层间破碎带、滑脱带)和顺层侵入的岩床内部及上下两侧。

(2) 由岩浆在上侵过程中形成的以岩体为中心的穹隆构造，其周围裂隙发育，为含矿热液的活动及矿体的形成提供了有利空间。

(3) 两组或两组以上构造交汇部位蚀变矿化明显，往往有富矿体赋存。

(4) 寒武纪地层中发育的层间裂隙构造，是矿体赋存的可利部位。

(三) 蚀变特征

矿床围岩蚀变为热液蚀变型，热液蚀变主要有硅化、碳酸盐化，以及钾化、高岭土化、绿帘石化、绿泥石化等。硅化常与金矿化、铜矿化伴随，矿体附近硅化强烈，一般呈它形粒状、浸染状、团块状碎裂硅质岩。碳酸盐化一般为它形-半自型散粒状方解石、团块状方解石、细脉状方解石，并常与石英伴随、穿切交代黄铁矿、黄铜矿等硫化物。

(四) 找矿标志

(1) 原生矿(化)体露头标志：地表裂隙中存在黄铁矿化、黄铜矿化、磁铁矿化、赤铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化等矿化蚀变部位，指示深部可能存在铅锌多金属矿体。

(2) 地层标志：主要发育于寒武纪碳酸盐岩地层，尤其是朱砂洞组丁家庄段底部处于盖层与基底的不

整合接触界面附近。

(3) 岩浆岩标志: 燕山晚期中性-中酸性杂岩体, 主要岩性为闪长玢岩、石英闪长玢岩、石英闪长岩、石英二长斑岩和花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩等, 尤其是杂岩体边缘部位。

(4) 构造标志: 断裂构造交汇部位, 尤其是北东-北北东向断裂与北西向断裂交汇部位, 往往深部可能存在多金属矿体。

(5) 蚀变标志: 岩体内部热液蚀变带是多金属矿(化)体的赋存场所。

(6) 物探异常: 多金属矿(化)体大部分含较高的磁铁矿、黄铁矿及黄铜矿, 因而电法及磁法测量能引起较明显的异常。

(7) 化探异常: 中低温热液型多金属矿床主要指示元素为Au、Cu、Ag、Pb、Zn, 其次为As、Sb、Hg, 形成的异常多围绕已知矿(化)体有明显显示, 异常浓集中心与矿区中心相吻合。

六、区域成矿规律

(一) 中生代燕山晚期中酸性杂岩体是成矿基本条件

中生代燕山晚期多阶段侵入的中酸性杂岩体是成矿母岩, 是成矿的基本条件, 岩体规模愈大、侵入期次愈多、岩性愈复杂, 对成矿愈有利。

(二) 寒武纪地层是矿床形成的重要条件

以石灰岩为主的寒武纪地层是形成该类中低温热液矿床的重要条件。尤其是寒武纪底部的朱砂洞组丁家庄段, 在岩浆侵位过程中, 机械性质不同的岩层之间更容易形成层间破碎带、层间滑脱等薄弱界面, 它们不仅有利于岩浆的顺层侵位, 更有利于含矿热液的交代成矿, 若有持续的矿质和热源供应, 则可形成延伸较远的似层状矿体。同时, 频繁的互层有利于矿液沿多个层位发生顺层交代。

(三) 接触带构造是成矿的有利条件

断裂构造既是成矿岩株侵入的有利部位, 又为成矿物质聚集成矿提供了空间, 区内北西向、北北东向的断裂, 形成于燕山运动晚期, 活动性质为张扭性, 有利于岩浆热液上升运移发生交代成矿作用。成矿有利的构造, 主要为岩体与围岩的侵入接触带构造和接触带附近层间破碎带、挤压破碎带、早古生代及新元古代地层与基底岩系间的不整合面构造, 灰岩捕虏体接触带构造等; 侵入接触带构造与其他构造的复合部位, 最利于形成较大规模的矿床或矿体。

参考文献

[1] 黄坤朋. 山东省马头崖地区铜金矿矿床成因及成矿规律[J]. 世界有色金属, 2021, (05): 89-90.
 [2] 王铮, 伊飞. 山东淄博肖家庄地区铁矿成矿规律及找矿方向研究[J]. 中国金属通报, 2021, (09): 42-43.
 [3] 武斌, 张海瑞, 邹双英等. 山东沂南县贺家沟地区金铜多金属矿成矿规律与成矿模式[J]. 矿产与地质, 2021, 35(01): 39-49.
 [4] 韩庆彬. 山东沂南县贺家沟地区矿床的成矿特征、控制因素及勘查指示[J]. 世界有色金属, 2021,

(23): 83-85.

[5] 范振华. 山东沂源金星头金矿成矿地质条件及成矿潜力分析[J]. 山东国土资源, 2020, 36(08): 22-24.

[6] 田同亮. 山东省沂源县中低温热液型多金属矿成矿模式探讨-以沂源县菜园村铜多金属矿点为例[J]. 现代矿业, 2020, 36(03): 22-24.

[7] 田同亮. 山东省沂源县中-新生代盆地成生、演化作用讨论[J]. 西部探矿工程, 2020, 32(07): 177-180+183.

[8] 杨栋栋. 山东五莲街头金及多金属矿地质特征及找矿前景[J]. 矿产勘查, 2020, 11(02): 249-255.

[9] 邹占春, 张超, 王峰等. 山东七宝山铜金矿与福建紫金山铜金矿对比研究[J]. 山东国土资源, 2019, 35(4): 23-29.

[10] 韩学林, 王秀芬, 孙斌等. 多元统计在化探数据分析中的应用-以沂源县鲁村镇崮山村地区土壤化探测量为例[J]. 山东国土资源, 2018, 34(07): 61-66.

[11] 王雯. 山东省沂源县西柳峪地区铁矿床地质特征及找矿方向探析[J]. 中国金属通报, 2018, (02): 138-140.

[12] 张宝成. 山东省沂源县修星峪铁矿矿体特征及远景分析[J]. 中国金属通报, 2018, (04): 233-234.

[13] 张中欣, 于明光, 邓觉梅等. 沂源县记慧顶金矿成矿地质特征分析[J]. 内江科技, 2018, 39(02): 66-68.

[14] 王利功. 华北陆块南缘崮山地区金银多金属矿成矿规律与成矿预测[J]. 中国地质大学(北京), 2018, 7: 170.

[15] 刘东义. 山东省淄博市金岭矿区侯家庄矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 世界有色金属, 2018, (16): 145-146.

[16] 刘晓敏. 山东五莲街头铜及多金属矿区地质特征及找矿标志[J]. 世界有色金属, 2018, (14): 95+99.

[17] 冯启伟. 山东省沂源县裕华金多金属矿床成矿地质条件及成矿模式探讨[J]. 世界有色金属, 2017, (13): 120-122.

[18] 冯启伟. 山东省沂源县裕华金矿区地质特征及矿床成因探讨[J]. 资源信息与工程, 2017, 32(04): 33-34.

[19] 王娟. 山东沂南龙头汪铜金矿床成矿规律及找矿预测模型[J]. 现代矿业, 2017, 33(11): 38-42+49.

[20] 钱建平, 常德才, 徐磊山等. 山东沂南金矿田成矿构造系统和构造控矿规律[J]. 大地构造与成矿学, 2017, 41(01): 77-90.

基金项目: 原山东省国土资源厅2016年地勘基金, 山东省1: 5万沂源幅、燕崖幅矿产地质调查(鲁勘字(2016)44号)

作者简介: 齐永亮(1987—), 男, 山东聊城人, 学士学位, 工程师, 主要从事地质调查与矿产勘查相关工作。